

论 著

# 动态增强MRI定量参数直方图分析在诊断前列腺癌中的应用

德州市第二人民医院影像中心

(山东 德州 253000)

王晓蕾

**【摘要】目的** 探讨动态增强磁共振成像(DCE-MRI)定量参数直方图分析应用于前列腺癌(PCa)诊断的临床价值。**方法** 回顾性分析96例PCa患者与124例良性前列腺增生(BPH)患者临床资料,分别纳入PCa组与BPH组。两组均以全容积兴趣区域法测量两组转运常数( $K^{trans}$ )、速率常数( $K_{ep}$ )及血管外细胞间隙体积分数( $V_e$ )并以直方图的形式统计,分别分析两组 $K^{trans}$ 、 $K_{ep}$ 、 $V_e$ 直方图统计项目[中位数( $\bar{M}$ )、下四分位数( $M_{25\%}$ )、上四分位数( $M_{75\%}$ )、偏度(Skew)、峰度(Kurt)]水平差异,采用受试者工作特征(ROC)曲线评估上述统计项目对前列腺疾病良恶性诊断的效能。**结果** PCa组 $K^{trans}$ 直方图 $\bar{M}$ 、 $M_{25\%}$ 、 $M_{75\%}$ 水平均明显高于BPH组,而Skew、Kurt水平则均明显低于BPH组( $P < 0.05$ );PCa组 $K_{ep}$ 直方图 $\bar{M}$ 、 $M_{25\%}$ 、 $M_{75\%}$ 水平均明显高于BPH组( $P < 0.05$ ),而两组 $K_{ep}$ 直方图Skew、Kurt水平比较则均无统计学意义( $P > 0.05$ );两组 $V_e$ 直方图 $\bar{M}$ 、 $M_{25\%}$ 、 $M_{75\%}$ 、Kurt水平比较均无统计学意义( $P > 0.05$ ),而PCa组 $V_e$ 直方图Skew水平明显低于BPH组( $P < 0.05$ )。 $K^{trans}$ 直方图各统计项目, $K_{ep}$ 直方图 $\bar{M}$ 、 $M_{25\%}$ 、 $M_{75\%}$ 及 $K_{ep}$ 直方图Skew均对前列腺疾病良恶性鉴别有较高诊断效能( $AUC > 0.5$ ,  $P < 0.05$ )。**结论** DCE-MRI定量参数直方图部分统计项目对PCa诊断效能较为理想,可用于定量评估前列腺疾病恶变情况。

**【关键词】** 动态增强; 磁共振成像; 直方图分析; 前列腺癌

**【中图分类号】** R445

**【文献标识码】** A

**DOI:** 10.3969/j.issn.1672-5131.2020.12.035

通讯作者: 王晓蕾

# Application of Histogram Analysis of Dynamic Enhanced MRI Quantitative Parameter in the Diagnosis of Prostate Cancer

WANG Xiao-lei. Department of Image Center, The Second People's Hospital of Dezhou, Dezhou 253000, Shandong Province, China

**[Abstract] Objective** To investigate the clinical value of histogram analysis of dynamic enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI) quantitative parameter in the diagnosis of prostate cancer (PCa). **Methods** The clinical data of 96 patients with PCa and 124 patients with benign prostatic hyperplasia (BPH) were retrospectively analyzed, and they were included in PCa group and BPH group respectively. The full-volume region of interest method was used to measure the transport constants ( $K^{trans}$ ), rate constants ( $K_{ep}$ ) and extravascular space fraction ( $V_e$ ) and to count in the form of histograms. The histogram statistics items of  $K^{trans}$ ,  $K_{ep}$ , and  $V_e$  [median ( $\bar{M}$ ), lower quartile ( $M_{25\%}$ ), upper quartile ( $M_{75\%}$ ), skewness (Skew), kurtosis (Kurt)] were analyzed in the two groups, and the receiver operating characteristic (ROC) curve was used to evaluate the efficacy of the above statistical items in the diagnosis of benign and malignant prostate diseases. **Results** The histogram  $\bar{M}$ ,  $M_{25\%}$  and  $M_{75\%}$  of  $K^{trans}$  in PCa group were significantly higher than those in BPH group while the Skew and Kurt levels were significantly lower than those in BPH group ( $P < 0.05$ ). The histogram  $\bar{M}$ ,  $M_{25\%}$  and  $M_{75\%}$  of  $K_{ep}$  in PCa group were significantly higher than those in BPH group ( $P < 0.05$ ), but there were no significant differences in the Skew and Kurt levels between the two groups ( $P > 0.05$ ). There were no statistically significant differences in the histogram  $\bar{M}$ ,  $M_{25\%}$  and  $M_{75\%}$  of  $V_e$  between the two groups ( $P > 0.05$ ), but the histogram Skew level of  $V_e$  in PCa group was significantly lower than that in BPH group ( $P < 0.05$ ). The statistical items of  $K^{trans}$  histogram, histogram  $\bar{M}$ ,  $M_{25\%}$  and  $M_{75\%}$  of  $K_{ep}$  and histogram Skew of  $V_e$  had higher diagnostic efficacy for the differentiation of benign and malignant prostate diseases ( $AUC > 0.5$ ,  $P < 0.05$ ). **Conclusions** DCE-MRI quantitative parameter histogram partial statistics project is ideal for PCa diagnosis, which can be used to quantitatively evaluate the malignant transformation of prostate diseases.

**[Key words]** Dynamic Enhanced; Magnetic Resonance Imaging; Histogram Analysis; Prostate Cancer

前列腺癌(PCa)已成为威胁当代男性健康的泌尿生殖系统最常见恶性肿瘤,部分欧美国家PCa发病率已超过大肠癌与肺癌,高居男性癌症发病率榜首<sup>[1]</sup>。尽管我国PCa发病率相对较低,但随着人口老龄化现象加重、男性群体生活习惯改变及诊断技术改进更迭,PCa确诊率近年来呈现逐年增长趋势<sup>[2]</sup>。由于PCa与良性前列腺增生(BPH)表现症状类似,但治疗方案与预后迥异,加之作为“金标准”的组织病理学检测为有创性,高龄患者对其耐受度欠佳且并发症严重<sup>[3]</sup>,故临床亟需无创性方法用于前列腺癌的早期诊断。

目前临床针对前列腺疾病的无创检查方式主要包括直肠指检、外周血前列腺特异性抗原(PSA)及以超声、磁共振成像(MRI)为代表的影像学技术,其中直肠指检受医师主观经验影响较大而灵敏度偏低,血清PSA在鉴别BPH、前列腺炎等良性前列腺病变时也存在特异度不高的情况<sup>[4]</sup>,因此有必要采用影像学方法进一步诊断。MRI相对于经直肠前列腺超声检查分辨率更高,可通过多参数、多角度充分认识病灶,并以弥散加权成像(DWI)、磁共振波谱(MRS)及动态增强(DCE)等形式获

取定量参数进行评估<sup>[5]</sup>。以往研究通常采用小样本兴趣区域结合阅片者经验抽样计算均值的方法进行MRI定量研究,近年来随着全容积兴趣区域成像法的广泛应用,可将整个病灶多层参数信息进行整理,以反映兴趣区域全局数据特点<sup>[6]</sup>,此类整体数据缺乏正态性或方差齐性,多以直方图的形式表示,对进一步了解病灶病变细节有积极意义。该方法已就DWI-MRI中表观弥散系数(ADC)值,在中央带PCa与低T<sub>2</sub>WI信号BPH鉴别诊断中获得良好应用效果<sup>[7]</sup>。基于此,本研究旨在分析PCa与BPH病灶DCE-MRI定量参数直方图差异及其鉴别诊断价值,现将取得成果报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料

回顾性分析2016年7月至2018年6月我院收治的96例PCa患者与124例良性前列腺增生(BPH)患者临床资料,分别纳入PCa组与BPH组。PCa组年龄为54~85岁,平均(68.24±9.53)岁;Gleason组织学病理分级<sup>[9]</sup>为2级11例,3级30例,4级37例,5级18例;排尿困难80例,尿急/尿痛39例,血尿48例。BPH组年龄为51~84岁,平均(66.90±9.68)岁;组织学类型为萎缩后增生39例,不典型巨细胞间质增生22例,基底细胞增生32例,硬化性增生17例,筛状增生14例;排尿困难102例,尿急或尿痛27例,血

尿14例。

纳入标准:临床症状、穿刺活检术、前列腺电切术后组织学病理分别符合PCa或BPH相关诊断标准者<sup>[8]</sup>;年龄≤85岁者;组织学病理检测于DCE-MRI检查后1个月内完成;单发病灶且病灶最大直径≥5mm者。排除标准:诊断泌尿系感染或泌尿系结石者;已接受相关治疗措施或DCE-MRI检查前1周内侵入性检查史者;影像伪影浓重、清晰度欠佳、定位与病理不匹配、后处理无法勾画病灶或其他临床资料不完整者;伴发高热、幽闭恐惧症及体内有金属植入物者;合并肝肾功能异常、过敏反应等对比剂应用禁忌症者。

表1 MRI相关参数设置

序列	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm <sup>2</sup> )	矩阵	层厚 (mm)	层间距 (mm)	NSA (次)
TSE-T <sub>2</sub> WI矢状位	6500	104	180×180	320×288	3	1	2
TSE-T <sub>2</sub> WI轴位	4000	89	240×240	256×256	3	0	1
SE-T <sub>1</sub> WI轴位	8.7	450	200×200	256×256	3	1	1
SPAIR-T <sub>2</sub> WI轴位	3800	70	250×400	186×225	6	1	2
e-THRIVE轴位	3.2	1.5	220×220	256×160	3	0	2

注: T<sub>1</sub>WI: T<sub>1</sub>加权成像; T<sub>2</sub>WI: T<sub>2</sub>加权成像; TSE: 快速自旋回波序列; SPAIR: 波谱频率反转恢复; e-THRIVE: 增强-T<sub>1</sub>高分辨各向同性容积测试; TR: 重复时间, TE: 回波时间, FOV: 视野, NSA: 信号平均叠加次数。

表2 两组K<sup>trans</sup>直方图统计项目比较 (min<sup>-1</sup>)

组别	例数	$\bar{M}(\bar{x} \pm s)$	M <sub>25%</sub> ( $\bar{x} \pm s$ )	M <sub>75%</sub> ( $\bar{x} \pm s$ )	Skew [ $\bar{M}$ (IQR)]	Kurt [ $\bar{M}$ (IQR)]
PCa组	96	0.28±0.08	0.22±0.06	0.34±0.10	0.13 (0.81)	-0.03 (0.84)
BPH组	124	0.08±0.02	0.05±0.02	0.10±0.03	0.95 (0.85)	1.25 (2.18)
t或Z值		t=26.794	t=29.520	t=25.309	Z=14.361	Z=15.180
P值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表3 两组K<sub>ep</sub>直方图统计项目比较 (min<sup>-1</sup>)

组别	例数	$\bar{M}(\bar{x} \pm s)$	M <sub>25%</sub> ( $\bar{x} \pm s$ )	M <sub>75%</sub> ( $\bar{x} \pm s$ )	Skew [ $\bar{M}$ (IQR)]	Kurt [ $\bar{M}$ (IQR)]
PCa组	96	0.56±0.17	0.34±0.11	0.72±0.22	0.17 (0.80)	0.02 (1.35)
BPH组	124	0.29±0.09	0.13±0.04	0.34±0.10	0.33 (1.09)	-0.13 (0.82)
t或Z值		t=15.160	t=19.657	t=17.096	Z=1.845	Z=1.296
P值		<0.001	<0.001	<0.001	0.066	0.196

表4 两组V<sub>0</sub>直方图统计项目比较 (%)

组别	例数	$\bar{M}(\bar{x} \pm s)$	M <sub>25%</sub> ( $\bar{x} \pm s$ )	M <sub>75%</sub> ( $\bar{x} \pm s$ )	Skew [ $\bar{M}$ (IQR)]	Kurt [ $\bar{M}$ (IQR)]
PCa组	96	0.42±0.13	0.28±0.09	0.52±0.16	1.35 (5.04)	9.59 (23.94)
BPH组	124	0.39±0.12	0.26±0.08	0.48±0.15	4.76 (9.12)	13.22 (25.87)
t或Z值		t=1.773	t=1.741	t=1.905	Z=7.783	Z=1.587
P值		0.078	0.083	0.058	<0.001	0.114

表5 各统计项目ROC曲线评估结果

定量参数	统计项目	AUC	临界值	灵敏度	特异度	P值
K <sup>trans</sup>	$\bar{M}$	0.81	0.19	0.87	0.95	0.004
	M25%	0.83	0.12	0.89	0.81	<0.001
	M75%	0.82	0.26	0.85	0.85	0.003
	Skew	0.83	0.21	0.92	0.91	0.026
	Kurt	0.86	0.28	0.77	0.84	<0.001
K <sub>ep</sub>	$\bar{M}$	0.77	0.47	0.85	0.79	<0.001
	M25%	0.68	0.26	0.84	0.69	0.027
	M75%	0.74	0.70	0.69	0.91	0.008
	Skew	0.42	0.23	0.32	0.45	0.219
	Kurt	0.39	-0.05	0.41	0.39	0.125
V <sub>e</sub>	$\bar{M}$	0.32	0.41	0.30	0.37	0.159
	M25%	0.48	0.27	0.42	0.40	0.329
	M75%	0.37	0.50	0.39	0.36	0.141
	Skew	0.89	2.86	0.75	0.86	0.007
	Kurt	0.40	11.30	0.36	0.33	0.118

### 1.2 成像设备与扫描方法

嘱咐患者检查前排空尿液，采用SIEMENS MAGNETOM AVANTO 1.5 T超导型核磁共振成像系统，以32通道体部相控阵线圈固定于耻骨联合，先进行平扫，扫描范围涵盖前列腺及双侧精囊腺；平扫完毕后改用THRIVE序列，设置多个反转角分别为作T1绘图映射扫描，选定成像质量最佳的10°反转角行DCE-MRI，扫描时间分辨率设置为5.8s，总共扫描64个时相，给予钆双胺注射液0.1mmol/kg，进行静脉高压注射，注射速率为2.5mL/s，随后以相同速率注射20mL生理盐水促进循环。MRI平扫及DCE-MRI相关参数设置见表1。

### 1.3 参数提取与直方图统计

扫描所得影像资料传入后处理工作站SIEMENS MMWP VE4.0中进行分析，采用Tissue 4D灌注成像软件，由科内经验丰富的医师以全容积兴趣区域法逐层勾画病灶边缘，注意避开尿道、膀胱、精囊腺、血管神经束及液质坏死区域等结构；以药代动力学理论中血液两室(TOFTS)模型为

基准，就整个兴趣区域分别对转运常数(K<sup>trans</sup>)、速率常数(K<sub>ep</sub>)及血管外细胞间隙体积分数(V<sub>e</sub>)3个参数进行测量，所得数据导出后分别以0.01、0.04、0.01为组距的直方图表示；每个直方图频率分布与离散情况分别以中位数( $\bar{M}$ )、下四分位数(M25%)、上四分位数(M75%)、偏度(Skew)、峰度(Kurt)5个直方图统计项目进行描述，就上述统计项目进行组间比较并探究其对前列腺疾病良恶性鉴别的诊断效能。

### 1.4 统计学方法

数据资料均录入统计学软件SPSS 20.0中进行处理，计数资料以百分率的形式表示；计量资料实施正态性检验与方差齐性检验，近似服从正态分布且方差齐的计量资料以( $\bar{x} \pm s$ )的形式表示，组间比较采取独立样本t检验，其余计量资料以中位数(四分位数间距)表示，组间比较采取非参数Mann-Whitney U秩和检验；各项目诊断效能以受试者工作特征(ROC)曲线表示，将各项目曲线下面积(AUC)及约登指数对应临界值、灵

敏度、特异度进行统计解析；所有检验过程均以 $\alpha = 0.05$ 为检验水准， $P < 0.05$ 可代表检验结果有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组K<sup>trans</sup>直方图统计项目比较

PCa组K<sup>trans</sup>直方图 $\bar{M}$ 、M25%、M75%水平均明显高于BPH组，而Skew、Kurt水平则均明显低于BPH组，差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )，见表2。

### 2.2 两组K<sub>ep</sub>直方图统计项目比较

PCa组K<sub>ep</sub>直方图 $\bar{M}$ 、M25%、M75%水平均明显高于BPH组，差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )，而两组K<sub>ep</sub>直方图Skew、Kurt水平比较则均无统计学意义( $P > 0.05$ )，见表3。

### 2.3 两组V<sub>e</sub>直方图统计项目比较

两组V<sub>e</sub>直方图 $\bar{M}$ 、M25%、M75%、Kurt水平比较均无统计学意义( $P > 0.05$ )，而PCa组V<sub>e</sub>直方图Skew水平明显低于BPH组，差异有统计学意义( $P < 0.05$ )，见表4。

### 2.4 各统计项目ROC曲线评估结果

K<sup>trans</sup>直方图 $\bar{M}$ 各统计项目，K<sub>ep</sub>直方图、M25%、M75%及K<sub>ep</sub>直方图Skew均对前列腺疾病良恶性鉴别有较高诊断效能(AUC > 0.5,  $P < 0.05$ )，见表5。

## 3 讨论

全容积扫描兴趣区域最早是应用于子宫内膜癌DWI-MRI的分析手段，因摒弃二维取点与边界勾画的局限性，转而逐层解析兴趣区域三维体积层面的数据分布，将伪彩图整体量化，所得直方图可有效表征肿瘤细胞深肌层浸润、肿瘤分级及淋巴管侵犯的关系<sup>[10]</sup>，因此该方案受研究者主观经验影响较小，指标说服力更

强。据相关文献报道, PCa瘤体内动静脉分流情况相对严重, 加之肿瘤细胞密度各向异性增加, 瘤体内部压力不同程度升高, 各区域供血不均<sup>[11]</sup>, 因此选取单层面兴趣区域及少量像素点作为研究目标欠缺统计学严谨性。直方图作为典型的多参数统计方案, 在数据离散情况较强时能良好反映其分布趋势与状态, 是适宜于评估诸如PCa一类异质性较大病灶整体特征的统计方案。本研究中, 两组 $K^{trans}$ 直方图数值与偏斜、陡斜程度均存在显著性差异, 其中PCa组患者 $K^{trans}$ 数值较高、右偏程度较小, 而陡斜程度更大、总体更接近于类正态分布, 这表明PCa瘤体组织血管增生趋势相对BPH病灶更大, 中高密度新生血管组织所占比重相对更多, 这与肿瘤组织发生、进展与转移等生物学行为高度依赖血管输送营养与促进代谢的病理理论相符。此外, PCa组 $K_{ep}$ 直方图数值明显较BPH组更高, 而两组 $K_{ep}$ 直方图偏斜、陡斜程度无明显差异, 这表明PCa瘤体组织内血管通透性相较于BPH病灶组织血管更大, 但两组 $K_{ep}$ 直方图分布特征均为细微右偏, 而陡斜程度均较为缓和, 提示小部分血管通透性急剧增大仍是前列腺实质性病变的共有特征, 与方俊华等<sup>[12]</sup>的研究所得结论相似, 故虽然鉴别诊断价值不高, 但可充实对前列腺病灶的认识。本研究还发现两组 $V_e$ 直方图数值及陡斜程度差异不大, 而PCa组右偏程度明显小于BPH组, 这说明PCa与BPH病灶血管外细胞间隙差异较小, 而PCa病灶细胞间隙更大, 故其增生细胞密度相对BPH更小。有关专家认为, PCa和BPH病灶组织 $K^{trans}$ 显著差异早已获得共识, 但 $K_{ep}$ 与 $V_e$ 对前列腺疾病的鉴别诊断价值目前仍有待进一步确证, 且 $V_e$ 是通过

对比剂渗透情况从侧面反映组织细胞密度, 因此扫描持续时间及患者年龄等因素也可对其造成影响<sup>[13]</sup>, 需进一步采取校正措施提高其灵敏度。

PCa与BPH发生与发展均伴有微血管密度(MVD)升高, 尽管前者升高幅度已证实显著大于后者, 但二者定量分析方面仍存在交叉数值, 加之病灶血管基底膜连续性较差而通透性较大, 在DCE-MRI影像中均表现为对比剂快速充盈快速廓清的特点<sup>[14]</sup>, 延迟期强化程度显著较弱, 故单纯定性分析进行鉴别诊断的效能欠佳。已往研究通常就兴趣区域内单个像素点绘制时间-信号强度(SI-T)曲线, 并借助于药代动力学理论, 能获取单点或多点平均的 $K^{trans}$ 、 $K_{ep}$ 、 $V_e$ 参数, 对微血管通透性、灌注效率、细胞外基质改变情况及细胞迁移率可达到定量认知程度<sup>[15]</sup>。然而兴趣区域与目标监测点的选取, 通常依赖于研究者的抽样经验, 不仅可重复性差, 还会忽略病灶达到一定规模后所产生的异质性, 应用于临床诊断所得结论难免有偏倚。本研究结果显示,  $K^{trans}$ 直方图M各统计项目,  $K_{ep}$ 直方图、 $M_{25\%}$ 、 $M_{75\%}$ 及 $K_{ep}$ 直方图Skew均对前列腺疾病良恶性鉴别有较高诊断效能, 提示DCE-MRI定量参数直方图能良好反映出PCa与BPH病理改变本质差异, 部分直方图统计项目对此表现出良好的鉴别诊断潜质。王君鑫等<sup>[16]</sup>采用类似方法对PCa患者前列腺的不同病变性质区域进行分析, 获得DCE-MRI定量参数直方图均数及10%、90%十分位数进行比较, 并证实部分统计项目与PCa的Gleason组织学病理分级相关性良好, 直接将影像学和组织学量化分析联系为一个整体, 为本研究后续深入探索前列腺疾病良恶性鉴别诊断提

供新思路。

综上所述, DCE-MRI定量参数直方图部分统计项目对PCa诊断效能较为理想, 可用于定量评估前列腺疾病恶变情况。

## 参考文献

- [1] 杨进益, 杨明州, 魏伟, 等. 前列腺癌发生发展的流行病学研究进展[J]. 临床泌尿外科杂志, 2017, 32(9): 721-725.
- [2] 张思微, 李小东. MRI与Gallina列线图对前列腺癌精囊浸润预测准确性研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2020, 18(4): 101-106.
- [3] 李娟, 郭广亚, 周莉. 前列腺癌穿刺活检导致感染性休克的原因及预防[J]. 实用癌症杂志, 2015, 30(1): 115-117.
- [4] 史振雷, 张茨. 前列腺癌肿瘤标志物的研究进展[J]. 安徽医药, 2017, 21(3): 414-419.
- [5] 陈桂娥, 庞绍衡, 马海波, 等. MRI平扫联合应用DWI、MRS、DCE-MRI对前列腺病变诊断价值的研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2017, 15(6): 124-127.
- [6] 郭婷婷, 刘松, 何健, 等. 胃癌ADC全容积直方图组间和组内观察者可重复性研究[J]. 医学影像学杂志, 2017, 27(7): 1294-1298.
- [7] 温淑蓉. ADC直方图分析法鉴别中央带前列腺癌与T<sub>2</sub>WI低信号增生结节的研究[J]. 放射学实践, 2016, 31(11): 1076-1079.
- [8] 那彦群, 孙光. 中国泌尿外科疾病诊断治疗指南[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2013: 33-34, 49-51.
- [9] 王功伟, 沈丹华. 国际泌尿病理协会前列腺癌Gleason分级系统基本特征初步分析[J]. 中华男科学杂志, 2014, 20(6): 514-517.
- [10] Nougaret S, Reinhold C, Alsharif S S, et al. Endometrial cancer: Combined MR volumetry and diffusion-weighted imaging for assessment of myometrial and lymphovascular invasion and tumor grade[J]. Radiology, 2015, 276(3): 797-808.
- [11] 杨壁然, 彭亚辉, 李新春, 等. 基于全瘤容积测量的ADC值直方图在前列腺癌的诊断价值[J]. 实用放射学杂志, 1557-1560, 1626.
- [12] 方俊华, 闵祥瑞, 冯朝燕, 等. 磁共振灌注加权成像定量参数在前列腺外周带前列腺癌鉴别诊断中的价值[J]. 磁共振成像, 2015, 6(2): 136-140.
- [13] 余加懿, 郭大静, 罗银灯, 等. 磁共振动态对比增强直方图分析在前列腺癌鉴别诊断中的价值[J]. 第三军医大学学报, 2017, 39(22): 2206-2213.
- [14] 章绪辉, 梁文, 李欣明, 等. DCE-MRI定量参数对早期前列腺癌的应用研究[J]. 磁共振成像, 2018, 9(8): 607-611.
- [15] 平小夏, 王希明, 孟倩, 等. 3.0T DCE-MRI在前列腺癌诊断中的应用价值[J]. 实用放射学杂志, 2017, 33(2): 244-247.
- [16] 王君鑫, 赵文露, 杨毅, 等. 动态增强MRI三维定量参数直方图诊断前列腺癌的价值[J]. 中华放射学杂志, 2016, 50(8): 609-614.

(本文编辑: 谢婷婷)

【收稿日期】2019-05-02